بسم الله الرحمن الرحيم

٢٠٣١٤٤٥_١٥٩٨٦

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

گروه هوافضا

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا

گرایش پیشرانش

آنالیز ناپایداری غیرخطی جت جریان چرخشی خروجی از انژکتور دوپایه به منظور کاهش مصرف سوخت و آلاینده ها

نگارش

سهیل سهیلی

استاد راهنما

دکتر فتح اله امّی

آبان ۱۳۸۹

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۵۶۵۶۱

۱۳۹۰/۲/۱۸

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای سهیل سهیلی پایان نامه ٦ واحدی خود را با عنوان آنالیز ناپایداری غیر خطی جت جریان چرخشی خروجی از انژکتور دو پایه به منظور کاهش مصرف سوخت و آلاینده ها در تاریخ ۱۳۸۹/۸/۱۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - هوافضا پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر فتح اله امی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر بهزاد قدیری دهکردی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمدرضا انصاری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی اشجعی	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر بهزاد قدیری دهکردی	استادیار	

۱۳۹۰/۲/۱۸

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه / رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد سهیل سهیلی در رشته مهندسی هوافضا است که در سال۱۳۸۹در دانشکده‌فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکترفتح اله امی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب‌سهیل سهیلی دانشجوی رشته مهندسی هوافضا- پیشرانش مقطع‌کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سهیل سهیلی

تاریخ و امضا:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء

تقدیم به:

پدر مادر عزیزم که وجودشان تصویر روشنی از کرامت‌هاست و تکیه‌گاه مطمئن و پشتوانه‌ی

استوار فراراه زندگیم بوده و هست.

باشد که با این اندک، قطره‌ای از دریای زحمتشان را ارج نهاده باشم.

تشکر و قدردانی:

در این جا لازم می دانم از همه کسانی که اینجانب را در امر انجام این پایان نامه یاری نموده اند، به خصوص جناب آقای دکتر فتح اله امی که همواره از راهنمایی ها و مشاورت ایشان بهره مند بوده ام تشکر و قدردانی نمایم.

حضور در کنار دکتر موحدنژاد و مهندس مهدوی در مرکز تحقیقات دانشگاه تربیت مدرس فرصتی مغتنم برای تهیه این پایان نامه فراهم آورد. همچنین از دوستان عزیزم مهندس یزدانیان، علیپور و نیازمند که در این مدت اینجانب را همراهی نموده اند، تشکر می نمایم.

چکیده

امروزه تلاش برای ظهور سامانه‌های نسل آینده حمل و نقل، با هدف ایمنی بیشتر و آلایندگی کمتر، در دستور کار طراحان موتور و پیشرانش در جهان قرار گرفته است. افزایش کارایی موتور در این سامانه‌ها اعم از هوایی و زمینی، نکته‌ای کلیدی در جهت حصول هدف می‌باشد. در این پژوهش به‌منظور کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها در موتورهای احتراق داخلی، تلاش شده‌است تا فرایند گسست اولیه جت سیال که از اجزای مهم اتمیزاسیون سوخت به‌شمار می‌رود، بصورت آنالیز تحلیلی غیرخطی و حل عددی تشریح گردد. در روش تحلیلی معادلات فاز مایع، گاز و شرایط مرزی نوشته شده‌است. با استفاده از متد اغتشاشات و دامنه اختلال اولیه به عنوان پارامتر اغتشاش، معادله توزیع بدون بعد نرخ رشد موج که بر ناپایداری لایه حلقوی سیال غیر لزج حاکم است، بدست آمد. با حل عددی معادله نهایی و رسم تابع تغییر شکل در نرم‌افزار Maple، این نتیجه حاصل شد که با در نظر گرفتن چرخش گاز بیرونی، مود متقارن محوری در اعداد چرخش بسیار کوچک غالب می‌باشد. با افزایش عدد چرخش مودهای بالاتر مارپیچی نامتقارن غالب می‌شوند و طول گسست کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش عدد وبر مایع، دامنه اختلال اولیه و نسبت سرعت گاز درونی و بیرونی به مایع نیز طول گسست کاهش می‌یابد که تاثیر گاز درونی در ازهم پراکندگی و افزایش ناپایداری، نسبت به گاز بیرونی بیشتر است. همچنین تحلیل عددی رشد ناپایداری امواج در سطوح مشترک با استفاده از مدل PFM[1] و حل آن با روش FCT[2] این نتیجه حاصل شد که با افزایش زاویه پاشش، زمان و طول گسست اولیه کاهش یافته و موجب کاهش قطر ذرات در فضای آیروسل و افزایش شرایط احتراق کامل سوخت می‌گردد. این نتایج تطابق خوبی با پژوهش‌های تجربی دارد.

واژه‌های کلیدی: گسست اولیه، جریان چرخشی، جت مایع، ناپایداری غیرخطی، ناپایداری کلوین-هلمهولتز

---

[1] Pressure Free Model

[2] Flux Corrected Transport

فهرست مطالب

فصل ۱- مقدمه و پیشینه پژوهش ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- جایگاه انژکتور در مهندسی مکانیک و هوافضا ۲

۱-۳- مروری بر پژوهش‌های صورت پذیرفته ۴

۱-۴- هدف و نوآوریهای پژوهش ۱۱

۱-۵- نمای کلی پایان نامه ۱۲

۱-۶- خلاصه فصل ۱۳

فصل ۲- فرایند پاشش و مدل فیزیکی مساله ۱۴

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- اتمیزاسیون و انژکتورها ۱۶

۲-۲-۱- انژکتور فشاری چرخان ۱۷

۲-۲-۲- انژکتور هوادمشی ۱۸

۲-۳- فاکتورهای موثر در اتمیزاسیون ۱۹

۲-۳-۱- خواص مایع ۱۹

۲-۳-۲- خواص گاز ۱۹

۲-۴- ویژگی‌های اسپری ۲۰

۲-۵- مکانیزم‌های گسست اولیه ۲۴

۲-۶- تئوریهای آنالیز ناپایداری ۲۵

۲-۷- بیان مسئله و روش انجام کار ۲۶

۲-۸- فرضیات مدل آنالیز غیرخطی ۲۷

۲-۹- فرضیات مدل حد ناپایداری با توجه به رشد امواج در سطوح مشترک ۳۰
۲-۱۰- خلاصه فصل ۳۰
فصل ۳- مدلسازی ریاضی ۳۱
۳-۱- مقدمه ۳۲
۳-۲- آنالیز ناپایداری غیرخطی ۳۳
۳-۲-۱- فرمولاسیون ریاضی ۳۳
شرایط مرزی سینماتیک: ۳۴
شرایط مرزی دینامیک: ۳۴
۳-۲-۲- حل مرتبه اول و دوم ۳۹
۳-۳- مدل ریاضی ناپایداری در سطوح مشترک جت مایع خروجی از انژکتور ۴۴
۳-۳-۱- مقدمه ۴۴
۳-۳-۲- فرمولاسیون و جداسازی معادلات [۲۴] و [۳۷] ۴۵
معادلات حاکم در شکل بقایی[۳۷] ۴۶
جداسازی معادلات[۳۷] ۴۹
شرایط اولیه مورد استفاده در مدل [۲۴] ۵۲
۳-۴- خلاصه فصل ۵۳
فصل ۴- تحلیل و صحه‌گذاری نتایج ۵۴
۴-۱- مقدمه ۵۵
۴-۲- گسست غیرخطی جت مایع خروجی از انژکتور در جریان گاز چرخان ۵۶
۴-۲-۱- اعتبارسنجی مدل ۵۶
۴-۳- ناپایداری غیرخطی جت مایع در معرض جریانهای گاز داخلی و خارجی نابرابر و حل عددی رشد امواج در سطح مشترک ۶۰
۴-۳-۱- اعتبارسنجی مدل ۶۰
۴-۳-۲- تاثیر چگالی سوخت ۶۷

۴-۳-۳- تاثیر زاویه پاشش ۶۷
۴-۳-۴- تاثیر اختلال اولیه ۷۱
۴-۳-۵- عدم وابستگی حل به شبکه و زمان محاسباتی ۷۶
۴-۴- ناپایداری غیرخطی جت مایع در معرض جریان چرخشی گاز بیرونی ۷۷
۴-۴-۱- تاثیر چرخش گاز ۷۸
۴-۵- خلاصه فصل ۸۳
فصل ۵- جمع‌بندی نتایج و پیشنهادها ۸۴
۵-۱- پیشنهادها برای پژوهشهای آتی ۸۶
پیوست الف ۱
پیوست ب ۴
مراجع ۱۱

فهرست شکل‌ها

شکل(۱-۱) تصویر شماتیک تجزیه لایه مسطح سیال به لیگامنت و قطرات ریزتر[۱]..... ۳

شکل(۲-۱) شماتیک دو نوع انژکتور؛ (الف) انژکتور فشاری چرخان و (ب) شماتیک انژکتور هوا دمشی دوپایه[۲۸]..... ۱۷

شکل (۲-۲): تقسیم بندی رژیمهای گسست [۲۲]..... ۲۳

شکل(۲-۳) مکانیزم‌های گسست اولیه[۳۱]..... ۲۴

شکل(۲-۴) شماتیک افشانه خروجی از انژکتور[۳۱]..... ۲۵

شکل(۲-۵) مقایسه تغییر شکل زمانی سطوح داخل و خارج لایه سیال در تئوری‌های خطی و غیرخطی تحلیل ناپایداری[۳۲]..... ۲۶

شکل(۲-۶) شماتیک لایه حلقوی سیال در معرض جریان چرخشی هوا[۴]..... ۲۹

شکل(۲-۷) مودهای نوسانی لایه سیال (الف) مود متقارن (ب) مود نامتقارن [۴]..... ۲۹

شکل(۲-۸) شماتیک مدل در نظر گرفته شده برای تحلیل ناپایداری حاصل از رشد موج..... ۳۰

شکل (۳-۱) مدل‌های جریان دو فازی [۳۶]..... ۴۴

شکل(۳-۲) روشهای عددی پایستار..... ۴۹

شکل(۴-۱) طول گسست بی‌بعد برحسب عدد وبر گاز محوری و صحه گذاری با نتایج تجربی سلام[۳۹]... ۵۷

شکل(۴-۲) طول گسست بی‌بعد برحسب عدد وبر گاز محوری و صحه گذاری با نتایج تجربی اروگلو[۴۰]. ۵۸

شکل(۴-۳) محاسبه غیرخطی وابسته به زمان سه بعدی گسست جت مایع با قطرات اصلی و پیرو..... ۵۹

شکل(۴-۴) نمودار سه بعدی سطح جت..... ۶۰

شکل (۴-۵) طول گسست بر حسب نرخ سرعت گاز داخلی به سرعت مایع و صحه گذاری با نتایج تجربی شن[۴۱]..... ۶۱

شکل(۴-۶) (الف)ابعاد نازل انژکتور بکارگیری شده توسط میترا [۴۲] (ب) شماتیک هندسه انژکتور و شرایط جریان بررسی تجربی آدزیک[۲۲]..... ۶۲

شکل(۴-۷) مقایسه نتایج تجربی آدزیک [۲۲] با تحلیل غیرخطی و ناپایداری کلوین-هلمهولتز..... ۶۳
شکل(۴-۸) تغییر شکل سطح بدون بعد r بصورت تابعی از فاصله x..... ۶۴
شکل(۴-۹): تحلیل بر اساس رشد ناپایداری در سطح مشترک..... ۶۵
شکل (۴-۱۰): بررسی اثر افزایش سرعت گاز بر نرخ رشد موج..... ۶۵
شکل (۴-۱۱):تاثیر سرعت محوری گاز روی نمودار توزیع نرخ رشد موج..... ۶۶
شکل (۴-۱۲): بررسی تاثیر چگالی سوختهای مختلف روی طول گسست..... ۶۷
شکل(۴-۱۳) تغییر نرخ رشد موج با زمان در زوایای حمله مختلف..... ۶۸
شکل(۴-۱۴) نرخ رشد برحسب عدد موج محوری برای مدهای همساز اول و پایه‌ای در..... ۶۹
شکل(۴-۱۵) ارزیابی زمانی تغییرشکل سطح مشترک درونی و بیرونی بدون بعد در عدد موج غالب..... ۷۰
شکل (۴-۱۶): اثر تغییر اختلال اولیه بر نرخ رشد موج و افزایش حد ناپایداری..... ۷۲
شکل(۴-۱۷) : تغییرشکل سطوح مشترک درونی و بیرونی در دامنه‌های اختلالی اولیه..... ۷۳
شکل(۴-۱۸) تاثیر عدد وبر مایع بر زمان گسست..... ۷۳
شکل(۴-۱۹) ارزیابی زمانی تغییر شکل سطح درونی و بیرونی در نسبت سرعتهای گاز-مایع..... ۷۵
شکل(۴-۲۰) تاثیر نسبت سرعت گاز- مایع بر زمان گسست..... ۷۶
شکل (۴-۲۱) عدم وابستگی محاسبات به شبکه محاسباتی..... ۷۶
شکل (۴-۲۲) عدم وابستگی محاسبات به زمان محاسباتی، طول و n ثابت..... ۷۶
شکل(۴-۲۳) ارزیابی زمانی تغییر شکل سطح بدون بعد r در مقادیر شدت چرخش گاز بیرونی..... ۷۸
شکل (۴-۲۴) تاثیر چرخش گاز روی نمودار نرخ رشد موج، الف: بدون چرخش، ب: $W_0 = 10$ در شرایط... ۷۹
شکل(۴-۲۵) نرخ رشد اختلال بیشینه بر حسب عدد چرخش گاز..... ۸۱
شکل(۴-۲۶) نرخ رشد اختلال بیشینه بر حسب عدد چرخش گاز..... ۸۱
شکل(۴-۲۷) طول گسست بدون بعد برحسب عدد چرخش گاز..... ۸۲
شکل(۴-۲۸) ارزیابی مکانی تغییر شکل سطح بدون بعد r در مقادیر شدت چرخش گاز مختلف..... ۸۳
شکل(۱-۰) نیروهای اعمال شده بر المانی از لایه سیال..... ۱

علائم و نشانه‌ها

نسبت چگالی گاز به سیال	g
ضخامت لایه سیال	h
تابع بسل اصلاح شده نوع اول مرتبه n	I_n
تابع بسل اصلاح شده نوع دوم مرتبه n	K_n
عدد موج محوری	$k=1/\lambda(1/m)$
عدد موج جانبی	n
فشار متوسط	$P(N/m^2)$
نوسان فشار	$p'(N/m^2)$
شعاع داخلی لایه سیال	$R_a(m)$
شعاع خارجی لایه سیال	$R_b(m)$
مختصات شعاعی	$r(m)$
زمان	$t\ (s)$
مختصات محوری	$x(m)$
سرعت متوسط محوری	$U(m/s)$
نوسان سرعت محوری	$u(m/s)$
سرعت متوسط شعاعی	$V(m/s)$
نوسان سرعت شعاعی	$v(m/s)$
سرعت متوسط مماسی	$W(m/s)$
نوسان سرعت مماسی	w
عدد وبر	$We=\rho U^2 R_b/\sigma$

علائم یونانی

تغییر مکان نوسانات	$\eta(m)$
چگالی	$\rho(kg/m^3)$
کشش سطحی	$\sigma(kg/s^2)$
فرکانس زمانی	$\omega(1/s)$
زاویه سمتی	$\theta(rad)$
اختلاف فاز	$\varphi(rad)$

زیرنویسها

هوای داخل	i
سیال	L
هوای خارج	o

فهرست جدول‌ها

جدول(۲-۱) طبقه‌بندی و معیار رژیمهای گسست جت مایع در هوای ساکن (ریتز و براکو)[۳۴]..۲۲

جدول(۲-۲) طبقه‌بندی و معیار رژیمهای گسست جت مایع در جریان هوای چرخان [۲].....۲۳

فصل ۱- مقدمه و پیشینه پژوهش

۱-۱- مقدمه

در این فصل با ورود به دنیای « انژکتورها و پاشش» و بررسی مشکلات تحلیل آنها و سپس با بررسی وجوه گوناگون مسئله‌ی «گسست اولیه» زمینه‌های لازم برای بیان چالشهای موجود فراهم آورده شده‌است. بدین ترتیب به بیان پیشینه، انگیزه و ضرورت انجام این پژوهش پرداخته و در پایان به معرفی اجمالی نوآوریهای این پژوهش خواهیم پرداخت.

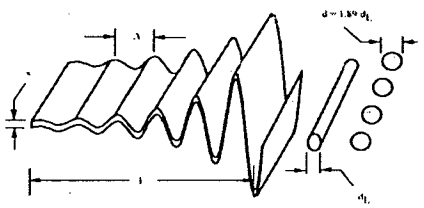
شرایط مختلف کاری موتور نیاز به قابلیت کنترل عوامل موثر، از جمله شرایط ورودی سوخت به محفظه احتراق، را ایجاب می‌کند. از طرفی بمنظور بهبود اختلاط و فرایند احتراق، کاهش آلاینده‌ها و پایدارسازی احتراق انژکتورهایی با قابلیت بالای اتمیزه‌کردن سوخت، استفاده می‌شود. در پیشرفته ترین نوع، انژکتور فشاری چرخان، سوخت را بصورت اسپری مخروط توخالی همراه با جریان هوای داخلی و خارجی، با فشار متوسط وارد محفظه احتراق میکند. شناخت جریانی با پیچیدگی‌های ذکر شده مقدمه‌ای برای تحت کنترل قرار دادن تاثیرات پارامترهای گوناگون می‌باشد.

۱-۲- جایگاه انژکتور در مهندسی مکانیک و هوافضا

تبدیل توده مایع به اسپری قطرات ریز در یک محیط گازی در سیستم پاشش سوخت موتورها و همچنین در کاربردهای دیگر مانند کشاورزی، هواشناسی، پزشکی و غیره بسیار مهم است. طی دهه گذشته افزایش قابل توجهی در میزان علاقه به دانش و تکنولوژی اتمیزاسیون ایجاد شده‌است. تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه انجام شده و وسایل ایجاد اسپری زیادی ساخته شده است که عموماً تحت عنوان نازل یا اتمایزر شناخته می‌شوند.

موتورهای احتراق داخلی مدرن بطور فزاینده با الزامات سخت مبارزه با انتشار آلاینده‌ها روبرو هستند و در نتیجه می‌بایست پایداری و راندمان احتراق را بهبود دهند. احتراق سوخت در موتورهای دیزل، موتورهای اشتعال جرقه ای DISI ، موتورهای پاشش مستقیم بنزین GDI، توربینهای گازی و کوره‌های حرارتی صنعتی به اتمیزاسیون موثر در افزایش سطح ویژه سوخت و در نتیجه بهبود نرخ اختلاط سوخت و هوا و تبخیر سریعتر بستگی دارد. در بیشتر سیستم‌های احتراقی کاهش در اندازه قطر متوسط قطرات سوخت منجر به بالاتر رفتن نرخ حجمی انتقال حرارت، استارت آسانتر و کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شود. برای رسیدن به این هدف، چندین نوع اتمایزر یا نازل با ظرفیتهای مختلف به‌منظور دستیابی به قطرات با قطر متوسط کمتر و نسبت سوخت به هوای یکنواخت بررسی شده‌است.

در نتیجه فهم بهتر فیزیک تجزیه و اتمیزاسیون اولیه جت و لایه سیال اهمیت ویژه‌ای در بهبود طراحی انژکتور دارد و به استفاده بهتر از شرایط محیط برای بهبود عملکرد کمک می‌کند. تجزیه جت یا لایه سیال در اثر رشد امواج ناپایدار در سطح مشترک گاز-سیال به‌علت نیروهای آیرودینامیکی میان سیال و گاز، اینرسی، فشار ، ویسکوزیته و نیروی تنش سطحی که در سطح مشترک عمل می‌کنند انجام می‌شود. مجموع اثرات این نیروها موجب تقویت نوسانات کوچک ایجاد شده در جریان می‌شود. زمانیکه ناپایدارترین عدد موج به مقدار بحرانی خود که معادل ماکزیمم نرخ رشد موج است می‌رسد، امواج ناپایدار موجب جدا شدن تکه‌هایی به نام لیگامنت[1] از لبه لایه سیال می‌شوند که خود در اثر افزایش ناپایداری‌ها به‌علت نیروهای آیرودینامیکی به قطرات ریزتر می‌شکنند. (شکل ۱-۱).



شکل(۱-۱) تصویر شماتیک تجزیه لایه مسطح سیال به لیگامنت و قطرات ریزتر[۱]

[1] Ligament

در یک انژکتور هوا دمشی، لایه حلقوی سیال که در معرض جریان هوای داخلی و خارجی با سرعت بالا می‌باشد از نازل خارج می‌شود. همچنین سیال و گاز علاوه بر سرعت محوری دارای سرعت چرخشی نیز می‌باشند. اینچنین شرایط پیچیده ای از جریان سیال و هوا خصوصاً در کشور ما در کمتر تحقیقی مورد بررسی قرار گرفته‌است. تکنولوژی آن نیز تاکنون در موتورها و خودروهای ساخت داخل مورد استفاده قرار نگرفته‌است. بدلیل افزایش احساس نیاز به توسعه وسایل پیش‌بینی و تعیین مشخصه‌های اسپری، لوازم آزمایشگاهی زیادی جهت تخمین اندازه قطر متوسط قطرات ساخته شده است، اما به‌علت پیچیدگی کار تنها برای شرایط خاص و محدودی تست آنها انجام شده‌است. نمونه ای از این وسایل تحت عنوان سنجش قطر ذرات با استفاده از داپلر فازی[1] و سنجش سرعت ذرات با استفاده از داپلر لیزری[2] توسط ح. موسوی با راهنمایی دکتر امی در مرکز تحقیقات موتور دانشگاه تربیت مدرس ساخته شده و به ثبت رسیده‌است. بنابراین ایجاد یک مدل تحلیلی که بتواند همه شرایط تاثیر گذار محیطی، نیروهای موثر در سطح مشترک سیال-گاز، خواص سیال و شرایط هندسی انژکتور را تا حد امکان و با کمترین ساده‌سازی درنظر بگیرد، بسیار مفید و موثر به‌نظر آمد. رسیدن به چنین جایگاهی نیازمند درک بهتر فیزیک مساله، شناخت فاکتورهای مهم و چگونگی تاثیر آنها در ناپایداری و گسست جت یا لایه سیال می‌باشد.

۱-۳- مروری بر پژوهش‌های صورت پذیرفته

با توجه به اهمیت شناخت پدیده گسست اولیه جت سیال که مقدمه انجام مطالعات بعدی نظیر مدلسازی گسست، توزیع و احتراق قطره می‌باشد تاکنون تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده‌است. این مطالعات بصورت تحلیلی، عددی، تجربی و یا ترکیبی از این روشها صورت گرفته‌اند. تحقیقات تجربی به‌علت مشکلات موجود، در دامنه محدودی از شرایط اولیه و مرزی قابل انجام می‌باشند و در صورتیکه

---

[1] Phase Doppler anemometry (PDA)
[2] Laser Doppler velocimetry (LDV)

شرایط جدید مطرح شوند امکان بدست آمدن نتایج کاملا متفاوتی وجود خواهد داشت. لذا تحقیقات عددی و تحلیلی که هزینه چندانی ندارند و تغییر شرایط مساله به سادگی امکان‌پذیر است، کمک شایانی به درک فیزیک نهفته اتمیزاسیون خواهد نمود. به همین منظور تعدادی از کارهای انجام شده در زمینه مدلسازی اتمیزاسیون جت سیال در اینجا آورده شده است:

ناپایداری جت و لایه سیال، از مطالعات کلاسیک رایلی[1] (۱۸۷۸)[۲] که اولین آنالیز ناپایداری بصورت خطی برای ستونی استوانه‌ای از مایع غیرلزج در غیاب گاز محیطی را انجام داد و ارائه نتایج اسکویر[2] در سال۱۹۵۳[۳]، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است[۴]. وبر[3] (۱۹۳۱) تاثیرات لزجت مایع و فشار گاز محیط را روی رفتار جت بررسی کرد. از جمله اشخاصی که در چند سال اخیر در این زمینه مروری بر کارهای گذشته انجام داده‌اند می‌توان سیریگنانو و مهرینگ[4] (۲۰۰۰)[۵]، لاشراس و هوپفینگر[5] (۲۰۰۰)[۶]، یون و هیستر[6] (۲۰۰۳) [۷]، لین[7] (۲۰۰۳)[۸] و ابراهیم و جاگ[8] (۲۰۰۶)[۴] را نام برد.

از آثار نام برده شده این نتیجه حاصل می‌شود که نیروهای عمل کننده در سطح مشترک سیال-گاز شامل تنش سطحی، فشار، نیروی اینرسی، نیروی گریز از مرکز و نیروی ویسکوزی بوده و بالانس آنها تعیین کننده گسست یا عدم گسست جت یا لایه سیال خواهد بود. در نظر گرفتن هوا یا چرخش فاز سیال و گاز و دیگر فرضیات اضافی پیچیدگی تحلیل ناپایداری را بیشتر می‌کند. پنستین[9] (۱۹۵۹) اولین کسی بود که چرخش سیال را در تحلیل ناپایداری لایه حلقوی سیال ارائه کرد[۹]. او با صرف نظر کردن از اثرات ویسکوزیته و فاز گاز درون و بیرون حلقه سیال، رابطه عمومی توزیع نرخ رشد موج را برای جریان

---

[1] Rayleigh
[2] Squire
[3] Weber
[4] Sirignano and Mehring
[5] Lasheras and Hopfinger
[6] Yoon and Heister
[7] Lin
[8] Ibrahim and Jog
[9] Ponstein